第７講　植物の光受容体

Ⅰ　次の文章を読み，問Ａ～Ｃに答えよ。

植物の発生や成長は，様々な環境要因の影響を受けて調節されている。環境要因の中でも，温度は，光と並んで，植物の発生・成長の調節において，とくに重要な意味をもつ。温度と光で調節される発生現象の顕著な例の一つが，花芽形成である。日長に応じて花芽を形成する植物は多いが，その中には一定期間低温を経験することを前提とするものがある。低温を経験することで，日長に応答して花芽を形成する能力を獲得するのである。これを春化という。花芽形成に春化を要求する植物は，一般に長日性である。こうした植物では，低温の経験の後に適温と長日条件の２つが揃ったときに，花芽の形成が促進される。

植物はどういうときにどこで低温を感じ取り，それはどのように春化につながるのだろうか。これらの問題に関しては，古くから工夫を凝らした生理学的実験が数多く行われている。例えば，(ア)組織片からの植物体の再生を利用した実験や，(イ)接ぎ木を利用した実験により，春化における低温感知の特徴，春化と花成ホルモン（フロリゲン）の関係などについて，重要な知見が得られている。

シロイヌナズナを用いた分子生物学的解析からは，*FLC* という遺伝子の発現の抑制が春化の鍵であることがわかっている。*FLC* には花芽形成を妨げるはたらきがある。低温期間中に(ウ)*FLC* 領域のクロマチン構造が変化して遺伝子発現が抑制された状態が確立し，*FLC* 発現が低くなることで花芽形成が可能となる。

〔問〕

A　下線部(ア)について。ゴウダソウは春化要求性の長日植物である。ゴウダソウの葉を切り取って培養すると，葉柄の切り口近傍の細胞が脱分化して分裂を始め，やがて分裂細胞の集団から芽が形成されて，植物体を再生する。この植物体再生と低温処理を組み合わせて，春化の特徴を調べる実験が行われた。この実験の概要と結果をまとめたのが**図１－１**である。

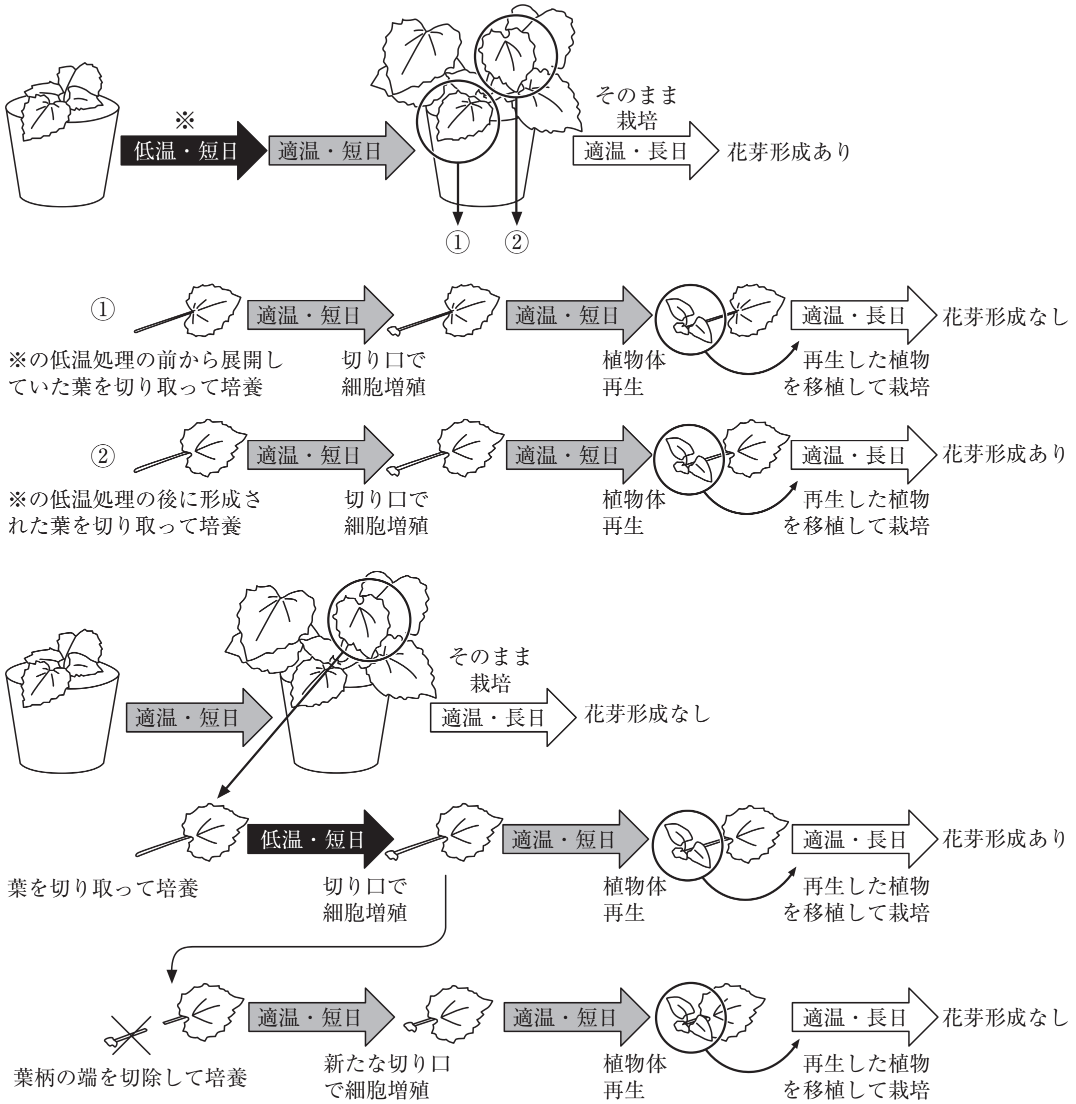


図１－１　ゴウダソウの植物体再生を利用した花芽形成実験

以下の(1)〜(5)の記述のそれぞれについて，**図１－１**の実験結果から支持されるなら「○」，否定されるなら「×」，判断できないなら「？」と答えよ。

(1)　一旦春化が成立すると，その性質は細胞分裂を経ても継承される。
(2)　植物体の一部で春化が成立すると，その性質は植物体全体に伝播する。
(3)　春化の成立には，分裂している細胞が低温に曝露されることが必要である。
(4)　春化は脱分化によって解消され，春化が成立していない状態に戻る。
(5)　低温処理時の日長によって，春化が成立するまでにかかる時間が異なる。

B　下線部(イ)について。春化による花芽形成能力の獲得には，花成ホルモンを産生する能力の獲得と，花成ホルモンを受容し応答する能力の獲得の２つが考えられる。これらそれぞれを判定するための，春化要求性長日植物を用いた接ぎ木実験を考案し，判定の方法も含めて実験の概要を５行（175 字）程度で説明せよ。なお，図を用いてもよい。

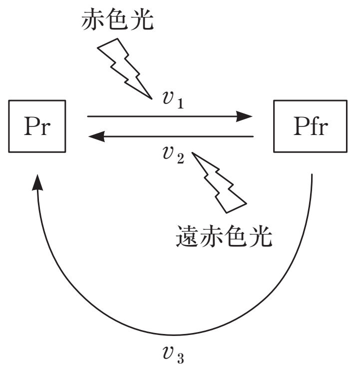
C　下線部(ウ)について。春化における *FLC* の抑制と同様の仕組みは，様々な生物の様々な現象に関わっている。以下の(1)〜(6)のうちから，*FLC* 抑制と同様の仕組みが関わる現象として最も適当なものを１つ選べ。

(1)　大腸菌にラクトースを投与すると，ラクトースオペロンの抑制が解除される。
(2)　酸素濃度の高い条件で酵母を培養すると，アルコール発酵が抑えられる。
(3)　エンドウの果実から種子を取り除くと，さやの成長が止まる。
(4)　ショウジョウバエの受精卵で，母性効果遺伝子の mRNA の局在が分節遺伝子の発現パターンを決める。
(5)　雌のマウスで，２本ある X 染色体の一方が不活性化されている。
(6)　ヒトのある地域集団で，A，B，AB，O の各血液型の割合が，世代を経てもほぼ一定に保たれている。

II　次の文章を読み，問 D ～ G に答えよ。

植物の成長は，成長に適した温度域における，比較的小さな温度の違いにも影響を受ける。最近，シロイヌナズナの胚軸の伸長に対する温度の影響に着目した研究から，フィトクロムの関与を示す画期的な発見があった。

フィトクロムは，光受容体として光応答にはたらく色素タンパク質である。フィトクロムには，赤色光吸収型の Pr と遠赤色光吸収型の Pfr が存在し，Pr は赤色光を吸収すると Pfr に変換し，Pfr は遠赤色光を吸収すると Pr に変換する。また，Pfr から Pr への変換は，光とは無関係にも起きる。**図１－２**に示すように，各変換の速度 v_1 ～ v_3 は，Pr または Pfr の濃度（[Pr]，[Pfr]）と変換効率を表す係数 k_1 ～ k_3 の積で決まる。



$$\begin{cases} v_1 = k_1\,[\mathrm{Pr}] \\ v_2 = k_2\,[\mathrm{Pfr}] \\ v_3 = k_3\,[\mathrm{Pfr}] \end{cases}$$

図１－２　フィトクロムの Pr と Pfr の変換

シロイヌナズナの胚軸の伸長は，明所では抑制され，暗所で促進される。これに対して，(エ)<u>フィトクロム完全欠損変異体の胚軸は明所でも伸長し，暗所と同じように長くなる</u>ことなどから，胚軸伸長の光応答にフィトクロムが関与することはよく知られていた。**図１－３**に示すように，シロイヌナズナの胚軸の伸長は温度にも応答し，10℃から 30℃の範囲の様々な温度で芽生えを育てると，温度が高いほど胚軸が長くなる。この温度応答についてフィトクロム完全欠損変異体を用いて調べてみると，温度の影響がほとんど見られず，どの温度でも胚軸がほぼ一様に長くなったのである。

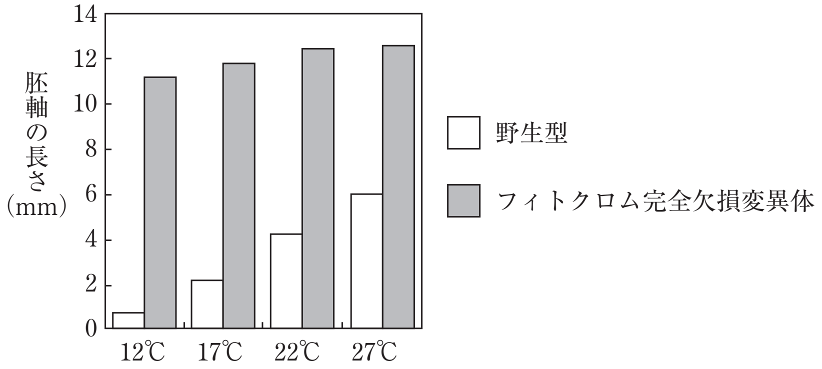


図１－３　シロイヌナズナの胚軸の伸長に対する温度とフィトクロム欠損の影響

さらに精製フィトクロムを用いた試験管内実験によって，Pr・Pfr 間の変換に対する温度の影響も調べられた。光による変換の係数である k_1 と k_2 は，光に依存するが，温度には依存しない。しかし，k_3 が温度に依存するなら，Pr・Pfr 間の変換が温度で変わる可能性があり，この点が検討された。(オ)純粋な Pr の水溶液を，赤色光の照射下，様々な温度で保温して，全フィトクロムに占める Pfr の割合を測定する実験により，**図１－４**のような結果が得られた。この結果は，温度応答においてフィトクロムが温度センサーとしてはたらくことを示唆するものとして，注目を集めている。

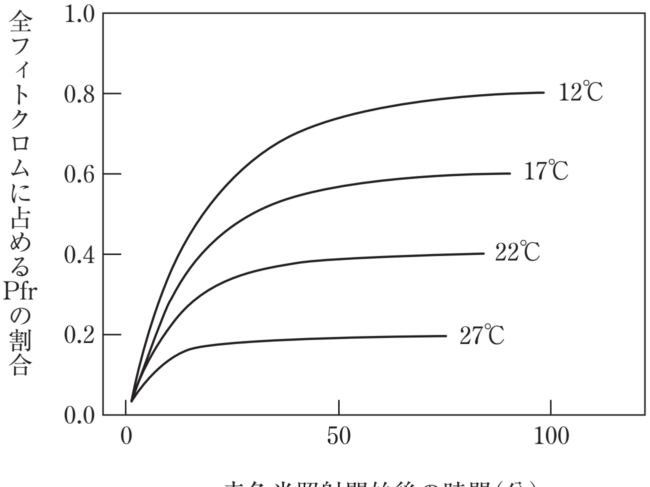


図１－４　各温度における Pfr の割合の変化

〔問〕

D　下線部(エ)について，この実験結果から，胚軸伸長の制御において，フィトクロムはどのように作用すると考えられるか。以下の(1)〜(4)のうちから，最も適当なものを1つ選べ。

(1)　Prが伸長成長を促進する。
(2)　Prが伸長成長を抑制する。
(3)　Pfrが伸長成長を促進する。
(4)　Pfrが伸長成長を抑制する。

E　下線部(オ)について。**図１－４**の情報に基づいて，k_3と温度の関係をグラフで表せ。なお，横軸に温度を取り，k_3は27℃のときの値を1とする相対値で縦軸に取ること。また，大きさは，両軸に付す数字も含めて，10文字分×10行分程度とすること。作図はフリーハンドで構わない。

F　下線部(オ)の実験を，赤色光と同時に遠赤色光を照射して行うと，結果はどのようになると予想されるか。以下の(1)〜(5)のうちから，最も適当なものを1つ選べ。

(1)　温度によらず，定常状態でのPfrの割合はほぼ0となる。
(2)　温度によらず，定常状態でのPfrの割合はほぼ1となる。
(3)　温度が高いほどPfrの割合が低い傾向は赤色光下と同じであるが，温度の影響は弱くなる。
(4)　温度が高いほどPfrの割合が低い傾向は赤色光下と同じであるが，温度の影響がより強くなる。
(5)　赤色光下とは逆に，温度が高いほどPfrの割合が高くなる。

G　高温で伸長が促進される性質は，胚軸だけでなく，茎や葉柄でも見られる。この性質が自然選択によって進化したとすれば，それはどのような理由によるだろうか。自由な発想で考え，合理的に説明できる理由の1つを3行（105字）程度で述べよ。

第７講

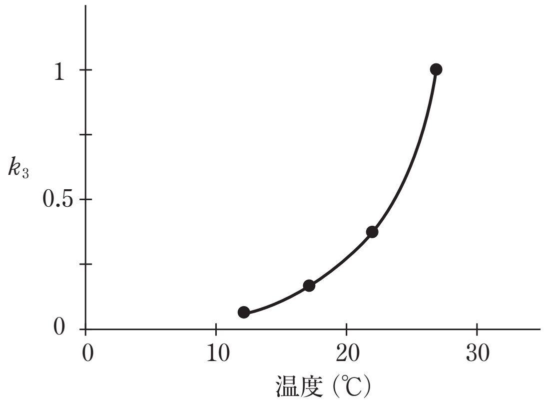
Ⅰ　A　(1)－○，(2)－×，(3)－○，(4)－×，(5)－？

B　あらかじめ低温・短日においた処理株と適温・短日においた未処理株を用意し，両者を接ぎ木して適温・長日で栽培する。葉を残した処理株の台木に未処理株の芽を接ぎ木して花芽が形成された場合，花成ホルモンの受容能の獲得に春化は不要であると考えられる。また,未処理株の台木に処理株の芽を接ぎ木して花芽が形成された場合,合成能の獲得に春化は不要であると考えられる。

C　(5)

Ⅱ　D　(4)

E



F　(3)

G　高温環境では温度が限定要因になりにくく，光の強さによって光合成が律速される。このような環境で胚軸などの伸長が促進される性質は光を巡る競争で有利となるため，そのような遺伝形質は集団に広まっていく。